

論文内容の要旨

論文提出者氏名 山下政矩

論文題目

Evaluation of temperature distribution around the probe in cryoablation of lipiodol-mixed-tissue phantom

論文内容の要旨

CTガイド下凍結療法は小径腎細胞癌を治療するための外科的切除よりも侵襲性が低く、凍結領域（氷球）は、低吸収域としてCTで可視化できる。ただし、非造影では、凍結中に腫瘍と正常腎実質の境界を区別することは困難であり、経動脈的にリピオドールの注入（リピオドールマーキング）が腫瘍の可視化のための有用な方法として報告されている。凍結針は冷却に Joule-Thomson 効果を採用し、凍結針周囲から凍結針への熱伝達によって冷却されるため、凍結針周囲の熱物性は重要である。純粋なリピオドールの熱物性は、組織ファントムと比較して凝固点と熱伝導率が低いため、氷球に悪影響だが、組織内リピオドールにおける氷球への影響は不明で、摘出した豚の腎臓でリピオドール混合組織モデルを作成し、凍結実験で氷球形成と温度分布の熱物理学的評価を目的とした。

豚から摘出した6つの腎臓(平均重量：158.2g)を用いて、腎動脈に0.9%生理食塩水を注入し、リピオドール混合組織ファントム群（リピオドール群）と対照群の2群を作成した。リピオドール群にはリピオドール4-6mlを腎動脈に注入し、CTで血管と腎実質に不均一な分布を確認した。平均CT値はリピオドール群が対照群よりも約5倍高かった(263±79HU：48.2±4.0HU)。

凍結針(20 mmの冷却範囲/直径1.5 mm)を各腎臓の上部と下部に刺入し(1つの腎臓につき凍結を2回)、25MPaのアルゴンガス圧で、300秒間の凍結を12回施行した(リピオドール群6回、対象群6回)。氷球の形態を評価するために、凍結完了直後にCTを撮像した。氷球の平均直径(幅/長さ)は、リピオドール群と対照群でそれぞれ22.1±2.3/22.9±2.3mmと21.6±0.7 / 22.2±1.3mmで有意差はなかった。幅：長さの比は、リピオドール群で1：1.04、対照群で1：1.02であり、球形の氷球が両群で生成された。

同時に、凍結針の冷却面に熱電対を先端から4mmと11mmの位置に溶接し、凍結針周囲の温度分布を評価するために、凍結針を熱電対が配置されたホルダー中央に取り付けた。熱電対は凍結針から3方向に約3、5、7、9、12、および18 mmの位置に配置し、T字型を形成した。熱電対はホルダーから18mm突き出ており、冷却面の中点(氷球の中心の中点)に配置した。凍結針とホルダーを腎臓に刺入し、デジ

タルマルチメーターで0.5秒ごとに温度を測定した。測定されたデータを元に最小二乗法による近似式で、凍結完了時(凍結開始300秒後)の0° C(氷球の境界)、-5° C(リピオドールの凝固点)および-20° C(細胞死)の凍結針からの距離を推測した。

凍結針の冷却面は凍結開始後15秒以内に-80° Cまで急速に低下し、-120° Cに達した。凍結針に最も近い熱電対でも-20° Cに達するまでに60秒かかったが両群で有意差はなかった。温度分布は、近似式と関連し、対照群のデータのSDは低く、実験の再現性が良好であった。リピオドール群ではSDが有意に高く、データの偏差は、凍結針に近い程、大きかったが、おそらく組織内のリピオドールの不均一な分布が原因であった。それにもかかわらず、3方向での温度測定について両群で有意差はなかった。

両群で凍結完了時の0° C、-5° C、および-20° Cの凍結針からの距離はそれぞれ約11、10、および7 mmで有意差はなかった。また、0° Cの距離とCTの氷球半径はほぼ一致し、対照群で10.9±0.5 mm、リピオドール群で11.3±1.1mmであった。

以上の結果から、凍結針の温度や周囲の温度分布は両群で有意差はなく、リピオドールが固化したかどうかは不明だが、氷球内の細胞の温度が十分に下がったと考えられ、組織に混合されたリピオドールが氷球形成や温度分布に影響を与えないことを示しました。